

ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ СУЛЬФОЭТИЛИРОВАНИЯ ПОЛИАМИ-НОСТИРОЛА НА СЕЛЕКТИВНОСТЬ СОРБЦИИ ИОНОВ БЛАГО-РОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Марчук А.А., Алифханова Л.М., Петрова Ю.С., Неудачина Л.К.

Уральский федеральный университет г. Екатеринбург, Россия

allexian4@gmail.com

Аннотация. Исследовано влияние степени сульфэтилирования полиаминостирола на сорбцию хлоридных комплексов платины (IV), палладия (II) и золота (III) из индивидуальных и многокомпонентных растворов в присутствии ионов меди (II), кобальта (II), никеля (II), цинка (II), кадмия (II) и серебра (I). Из полученных данных сделан вывод, что степень сульфэтилирования полиаминости-рола в значительной мере влияет на извлечение хлоридных комплексов ионов платины (IV). При увеличении степени модифицирования сорбция данных ионов металлов заметно уменьшается. Для хлоридных комплексов ионов палладия (II) и золота (III) аналогичной закономерности не обнаружено. Изучены регенерационные свойства сорбентов. Выявлено, что лучшим регенерантом является солянокислый раствор тиомочевины, при использовании которого степень десорбции ионов благородных металлов максимальна.

Ключевые слова: сорбция, селективность, сульфэтилированный полиаминостирол, ионы металлов.

INFLUENCE OF SULFOETHYLATION DEGREE OF POLYAM- INOSTYRENE ON SELECTIVITY OF SORPTION OF NOBLE METALS IONS IN STATIC CONDITIONS

Marchuk A., Alifkhanova L., Petrova Yu., Neudachina L.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Abstract. Investigated the influence of the degree of sulfoethylation of polyaminostyrene on the sorption of chloride complexes of platinum (IV), palladium (II) and gold (III) from individual and multicomponent solutions in the presence of copper (II), cobalt (II), nickel (II), zinc (II), cadmium (II) and silver (I) ions. From the obtained data, it was concluded that the degree of sulfoethylation of polyaminostyrene

significantly influences the sorption of chloride complexes of platinum (IV) ions. With an increase in the degree of modification, the sorption of these metal ions decreases. For chloride complexes of palladium (II) and gold (III) ions, no similar regularity was observed. Regeneration properties of sorbents were studied. It has been revealed that the best regenerant is the hydrochloric acid thiourea, using the maximum degree of desorption of noble metal ions.

Key words: sorption, selectivity, sulfoethylated polyaminostyrene, metal ions

Уникальные свойства металлов платиновой группы и золота делают их незаменимыми в самых разных областях современной техники, медицине и ювелирной промышленности. Платина используется в производстве автокатализаторов, химической и нефтехимической промышленности, в производстве стекла, в электронной технике [1]. Из-за разрушения и старения катализаторов возможно загрязнение окружающей среды платиновыми металлами [2]. Поэтому способы контроля содержания платиновых металлов и золота имеют важное значение. Сорбционные методы широко используются для анализа материалов, содержащих благородные металлы. Для селективного разделения и концентрирования платины (IV), палладия (II) и золота (III) подходят сорбенты, в составе которых имеются функциональные группы, содержащие атомы азота. Полиаминостирол зарекомендовал себя как хорошая матрица для извлечения переходных металлов [3]. Однако большинство исследований посвящено извлечению из одно- или малокомпонентных систем. Также стоит отметить малое количество работ по изучению влияния степени модифицирования сорбентов на извлечение ионов благородных металлов.

Объектами настоящего исследования являются сульфозетилированные полиаминостиролы (СЭПАС) со степенями замещения атомов водорода аминогруппы 0.5, 0.7, 0.9 и 1.0. Сорбенты синтезированы в лаборатории органических материалов Института органического синтеза УрО РАН путем полимераналогичных превращений полистирола [3]. При изучении данного материала проведена его микросъемка при различном увеличении, по данным которой установлено, что сульфозетилированные полиаминостиролы представляют собой непористые материалы. Состав вещества установлен методом элементного анализа и ЯМР ^1H спектроскопии. Определены такие параметры, как пористость структуры сорбентов, величины удельной площади их поверхностей. Установлено, что значения удельной площади поверхности исследуемых сорбентов, рассчитанных по методу БЭТ (Brunauer-Emmet-Teller), не превышают 0.1 м²/г [3].

Исследовано влияния степени сульфозилирования на сорбцию хлоридных комплексов ионов платины (IV), палладия (II) и золота (III) СЭПАС с различными степенями модифицирования, равными 0.5, 0.7 и 1.0 в статических условиях при различных pH в интервале от 0.5 до 5.0 при их индивидуальном присутствии в растворе. Концентрация ионов металлов в исходных растворах составляла 10⁻⁴ моль/дм³. Содержание иона металла в растворах до и после сорбции определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре iCAP 6500. По полученным данным строили зависимости сорбции ионов металлов СЭПАС от pH раствора.

На основании полученных зависимостей сделан вывод, что при увеличении степени сульфозилирования сорбция хлоридных комплексов ионов платины (IV) заметно уменьшается: для СЭПАС со степенью замещения 0.5 значение сорбционной емкости составляет 245.6 мкмоль/г, для 0.7 и 1.0 – 213.8 и 59.2 мкмоль/г, соответственно (при pH 1.6).

Данное обстоятельство может объясняться, во-первых, тем, что с увеличением числа сульфогрупп в составе сорбента основность аминогрупп существенно снижается. Во-вторых, увеличивается электростатическое отталкивание отрицательно заряженных хлоридных комплексов платины (IV) и депротонированных сульфогрупп сорбента. Однако аналогичных закономерностей для извлечения комплексов палладия (II) и золота (III) не выявлено.

Дальнейшее исследование сорбции хлоридных комплексов ионов металлов при их совместном присутствии в растворе позволило установить, что из растворов сложного состава преимущественно сорбируются хлоридные комплексы ионов палладия (II), а в интервале pH от 3.0 до 5.0 сорбция комплексов золота (III) незначительна. Данный факт позволяет предположить, что в таких условиях возможно селективное извлечение хлоридных комплексов ионов платины (IV) и палладия (II) в присутствии хлорокомплексов золота (III).

Максимальные значения коэффициенты селективности извлечения хлоридных комплексов ионов палладия (II) в присутствии ионов платины (IV) и золота (III) достигают 38.3 (при pH = 1.1) и 8.3 (при pH = 4.0), соответственно. При этом наблюдается закономерность возрастания селективности сорбции с увеличением степени модифицирования СЭПАС. Данный факт может объясняться значительным снижением сорбции комплексов платины (IV) вследствие уменьшения основности атома азота аминогруппы. Также увеличение числа сульфогрупп приводит к увеличению электростатического

отталкивания отрицательно заряженных хлоридных комплексов платины (IV) и депротонированных сульфогрупп сорбента.

Важным вопросом при использовании сорбентов является вопрос их регенерации с целью повторного использования. Для регенерации поверхности сорбентов после сорбции ионов благородных металлов чаще всего применяют растворы хлороводородной кислоты разной концентрации или растворы тиомочевины в хлороводородной кислоте. После сорбции хлоридных комплексов ионов платины (IV) СЭПАС 0.5, 0.7, 1.0 проведена регенерация поверхности сорбента двумя различными растворами. Установлено, что десорбция 3.5 моль/дм³ раствором хлороводородной кислоты достигается менее чем на 10%. При регенерации поверхности 1% раствором тиомочевины в 1 моль/дм³ растворе хлороводородной кислоты десорбция достигла 80% и более, что делает данный вид десорбции более пригодным.

Регенерация поверхности СЭПАС после сорбции хлоридных комплексов ионов платины (IV), палладия (II) и золота (III) при их совместном присутствии в растворе солянокислым раствором тиомочевины достигает 70 и 93% по ионам платины (IV) и палладия (II), соответственно, и полностью по ионам золота (III). Также стоит отметить, что с увеличением степени модифицирования регенерации сорбента также увеличивается.

Таким образом, выявлены закономерности влияния степени модифицирования СЭПАС и кислотности среды на извлечение хлоридных комплексов ионов благородных металлов из растворов при индивидуальном и совместном присутствии в статических условиях. Определены значения коэффициентов селективности извлечения хлорокомплексов палладия (II) в присутствии ионов платины (IV) и золота (III). Показано, что увеличение степени сульфоэтилирования приводит к увеличению селективности в присутствии ионов платины (IV).

Список литературы

1. Ю.А.Золотов, Г.М. Варшал, В.М. Иванов Аналитическая химия металлов платиновой группы: Сборник обзорных статей. – М.: Едитория УРСС, 2003. – 592 с.
2. Pawlak J., Lodyga-Chruscinska E., Chrastowicz J. Fate of platinum metals in the environment // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2014 – № 28 – P. 247–254

3. Петрова Ю. С., Алифханова Л. М.к., Неудачина Л. К., Сульфозтилированный полиаминоэтилен: синтез в геле и селективность сорбции ионов серебра(I) и меди(II) // Журнал прикладной химии. – 2016. – Т. 89, № 9. – С. 1211-1216.

АНАЛИЗ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ДВУХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ С ДВУНАПРАВЛЕННЫМ ВЗАИМО- ДЕЙСТВИЕМ

Митрофанова А. А.

Уральский федеральный университет г. Екатеринбург, Россия

Mitrofanova.a.26@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается дискретная модель, описывающая динамику взаимодействия двух потребителей. Подробно изучается случай двунаправленного взаимодействия, когда личный опыт имеет минимальное влияние на принятие решения. В рамках детерминированного анализа изучались равновесные и периодические режимы. Определены зоны сосуществования устойчивых аттракторов, описаны бифуркации взрыва и кризиса. С помощью функций стохастической чувствительности проведен сравнительный анализ чувствительности равновесий и циклов на вносимый либо аддитивный, либо параметрический шум. Методом доверительных областей изучен феномен индуцированных шумом переходов. Найдены критические значения интенсивности шума для генерации переходов.

Ключевые слова: поведение потребителей, бифуркационный анализ, бифуркация взрыва, функция стохастической чувствительности, чувствительность аттракторов, индуцированные шумом переходы.

ANALYSIS OF THE STOCHASTIC MODEL OF BEHAVIOR OF TWO CONSUMERS WITH BI-DIRECTIONAL INTERACTION

Mitrofanova A.

Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

Abstract. The paper considers the discrete model describing the dynamics of interaction between two consumers. The case of bi-directional interaction is studied in